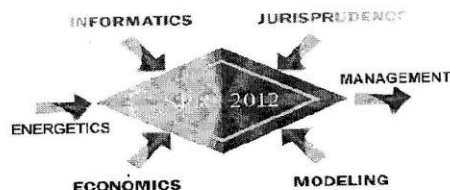


Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України  
Національна академія наук України  
Інститут кібернетики ім. В.М Глушкова НАН України  
Бучацький інститут менеджменту і аудиту  
Академія правових наук України  
Карпатський державний центр інформаційних засобів і технологій НАН України



**ПРОБЛЕМНО-НАУКОВА МІЖГАЛУЗЕВА КОНФЕРЕНЦІЯ**

**ІНФОРМАЦІЙНІ ПРОБЛЕМИ КОМП'ЮТЕРНИХ СИСТЕМ,  
ЮРИСПРУДЕНЦІЇ, ЕНЕРГЕТИКИ, ЕКОНОМІКИ, МОДЕЛЮ-  
ВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ  
(ПНМК - 2012)**

**INTERNATIONAL SCIENTIFIC AND PROBLEM  
INTER-BRANCH CONFERENCE  
INFORMATION PROBLEMS OF COMPUTER SYSTEMS,  
JURISPRUDENCE, ENERGETICS, ECONOMICS, MODELING  
AND MANAGEMENT  
(SPIC – 2012)**



Україна  
Бучач  
07 - 10 червня 2012 року

## ЗМІСТ

### ІНФОРМАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА ОПТИМІЗАЦІЙНІ МЕТОДИ

<b>M. RONTO, K. MARYNETS</b> ON NUMERICAL-ANALYTIC METHOD FOR BOUNDARY-VALUE PROBLEMS WITH FOUR-POINT NONLINEAR BOUNDARY CONDITIONS.....	5
<b>І.Б. АЛБАНСЬКИЙ, І.П. ГАЙДА</b> АНАЛІЗ СТРУКТУРИ ТА СИСТЕМНИХ ХАРАКТЕРИСТИК БАГАТОКАСКАДНИХ РЕГІСТРІВ ЗСУВУ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ПРОЦЕСОРІВ У РІЗНИХ ТЕОРЕТИКО-ЧИСЛОВИХ БАЗИСАХ.....	15
<b>Н.І. АЛИШОВ, А.Я. БОЙКО</b> ПРОГРАММНО-АППАРАТНИЙ КОМПЛЕКС ЗАЩИТЫ ИНФОРМАЦИИ.....	24
<b>Н.І. АРАЛОВА, Ю.І. МАСТИКАШ, В.І. МАШКІН, І.В. МАШКІНА</b> ИНТЕГРАЛЬНА ОЦІНКА ФІЗИЧНОГО СТАНУ ОСІБ, ЩО ВИКОНУЮТЬ ВАЖКУ РОБОТУ В ЕКСТРЕМАЛЬНИХ УМОВАХ ВИСОКОГР'Я НА ОСНОВІ МОДЕЛЕЙ ЛІНІЙНОЇ РЕГРЕСІЇ.....	28
<b>М.Д. БАБИЧ</b> ПРО КОМП'ЮТЕРНУ ТЕХНОЛОГІЮ НАБЛИЖЕНОГО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ НЕЛІНІЙНИХ ЗАДАЧ ГЛОБАЛЬНОЇ ОПТИМІЗАЦІЇ.....	34
<b>А.В. БЕССАЛОВ, А.А. ДІХТЕНКО, О.І. ЯЦЕНКО</b> ЗАГАЛЬНОСИСТЕМНІ ПАРАМЕТРИ КРИПТОСИСТЕМИ НА КРИВІЙ ЕДВАРДСА НАД РОЗШИРЕННЯМИ МАЛИХ ПРОСТИХ ПОЛІВ.....	36
<b>В.І. БОВСУНІВСЬКИЙ, В.К. ЗАДРАКА, Б.М. ШЕВЧУК</b> ДОСЛІДЖЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ АЛГОРИТМІВ ОПЕРАТИВНОГО ВІДЕОКОДУВАННЯ.....	39
<b>Н.А. БОЙКО</b> ИНСТРУМЕНТАЛЬНЫЕ СРЕДСТВА ОЦЕНКИ ПРОИЗВОДИТЕЛЬНОСТИ ПРОТОКОЛА СИСТОЛИЧЕСКОЙ МАРШРУТИЗАЦИИ.....	43
<b>В.М. ВАСИЛИК, Я.М. НИКОЛАЙЧУК, С.І. МЕЛЬНИЧУК</b> РОЗРАХУНОК ОЦІНОК ЕНТРОПІЇ З ВИКОРИСТАННЯМ КОРЕЛЯЦІЙНИХ ФУНКЦІЙ ДЛЯ ІНФОРМАЦІЙНИХ ДЖЕРЕЛ З НОРМАЛЬНО РОЗПОДІЛЕНИМИ НЕКОРЕЛЬОВАНИМИ СТАНАМИ.....	46
<b>О.І. ВОЛИНСЬКИЙ</b> ТЕОРИЯ, АЛГОРИТМЫ ТА СПЕЦПРОЦЕССОРИ МІЖБАЗИСНИХ ПЕРЕТВОРЕНЬ РАДЕМАХЕРА-КРЕСТЕНСОНА.....	50
<b>А.Р. ВОРОНИЧ</b> ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ТА РОЗРАХУНОК СИГНАЛЬНИХ ПРОСТОРІВ ЕНТРОПІЙНО МАНІПУЛЬОВАНИХ СИГНАЛІВ.....	55
<b>О.М. ГОЛОВІН</b> ВИЯВЛЕННЯ РУХОМИХ ОБ'ЄКТІВ В ВІДЕО ПОСЛІДОВНОСТІ МЕТОДАМИ ВИТІЩЕННЯ РАДІАЛЬНОГО СЦЕНІ.....	58
<b>П.В. ГУМЕННИЙ, Я.М. НИКОЛАЙЧУК</b> ТЕОРЕТИЧНІ ЗАСАДИ ВИКОНАННЯ ОПЕРАЦІЙ ДОДАВАННЯ ТА ВИНИЖЕННЯ ВІДНОСНОСТЕЙ.....	63
<b>В.С. ДЕЙНЕКА, А.А. АРАЛОВА</b> ЧИСЛЬНА ІДЕНТИФІКАЦІЯ ПАРАМЕТРІВ ТЕПЛОПРОВОДНОСТІ ТА ТЕПЛОТІВНОСТІ ЦЕЛЮЛОЗУ.....	69
<b>Т.О. ЗАВЕДУК</b> МЕТОДИ ТА ІНСТРУМЕНТИ ПЕРЕТВОРЕННЯ РАДІОТЕХНІЧНИХ СИГНАЛІВ І МАТЕМАТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ.....	75
<b>В.К. ЗАДРАКА</b> СУБАСИСТЕМНІ ПАРАМЕТРИ РОЗВ'ЯЗУВАННЯ ЗАДАЧ НАБЛИЖЕНОГО РОЗВ'ЯЗУВАННЯ МАТЕМАТИКИ В БАЛАНСІ.....	79

**Інтегральна оцінка фізичного стану осіб, що виконують важку роботу в екстремальних умовах високогір'я на основі моделей лінійної регресії**

Важка робота в екстремальних умовах високогір'я пред'являє високі вимоги до фізичного та психофізіологічного стану людини. Для оцінки цих складових та функціонального стану в цілому розроблено ряд математичних моделей, основу яких складають моделі лінійної регресії. Ступінь адекватності побудованих моделей залежить від урахування об'єктивних законів саморегуляції та самоорганізації функціональних систем організму, які забезпечують його нормальну життєдіяльність при різноманітних внутрішніх та зовнішніх збуреннях. Організм людини, при виконанні ним високих навантажень, має забезпечувати та підтримувати не лише тільки свою життєдіяльність, але також найкраще виконання поставленої задачі. Таким чином, при такій постановці задачі, в якості інтегральної оцінки функціонального стану спортсмена можна вибрати надійність виконання ним тих чи інших функцій. Зокрема такі вимоги пред'являються до осіб, які виконують важку роботу в екстремальних умовах високогір'я. Успішне виконання цієї роботи залежить головним чином від його функціонального стану на момент виконання роботи в умовах гіпобаричної гіпоксії, який інтегрально включає фізичне здоров'я, адекватність виконання психофізіологічних функцій, наявність енергетичних ресурсів для виконання роботи та ступінь його професійної підготовленості.

Відомо, що при виконанні м'язовим волокном роботи витрачаються деякі органічні речовини, головним чином вуглеводи. Процеси витрачання органічної речовини в працюючих м'язах протікають досить складно. В деяких структурах цих процесів приймає участь кисень, поряд із розпадом у м'язі відбувається окислення органічних сполук. При розпаді та окисненні органічних речовин у м'язових волокнах вивільняється енергія, яка витрачається на роботу м'яза. В результаті цих процесів утворюється вуглекислота і вода. Кров, яка надходить через м'язи, постійно постачає їм органічні речовини та кисень, та виносить з них вуглекислий газ та інші продукти розпаду.

Очевидно, що висока надійність функціонування організму в цілому може підтримуватися лише при умові надійності функціонування всіх систем організму – дихання та кровообігу, імунної системи, центральної та периферичної нервової систем тощо. Якщо припустити, що всі системи організму функціонують нормально, то надійність значною мірою залежить від стану психофізіологічних функцій та можливостей системи дихання та кровообігу забезпечити відповідний навантаженню рівень метаболізму в тканинах. Таким чином, при оцінці фізичного статусу спортсмена визначальними є фізіологічні дані, що характеризують стан функціональної системи дихання.

Представимо систему дихання, як систему ланок, які забезпечують виконання її основної функції. В неї входять:

- система зовнішнього дихання;
- система руху газів в дихальних шляхах;
- системи організації масопереносу та масообміну респіраторних газів у ланці альвеоли- кров та вегетативної регуляції зовнішнього дихання;
- система переносу газів артеріальною кров'ю, яка включає механізми забезпечення примусової циркуляції крові, перенос газів артеріальною кров'ю, регуляторні механізми центральної геодинаміки;
- система масопереносу та масообміну респіраторних газів на тканинному та органному рівнях;
- система транспорту респіраторних змішаною венозною кров'ю.

Функціональна система дихання розглядається як самоорганізована динамічна система, в якій об'єктом керування є процес масопереносу та масообміну респіраторних газів, а саморегуляція здійснюється системою фізіологічних механізмів, що включає центральні, локальні та гуморальні ланки. Ціль такої саморегуляції – підтримка газового гомеостазу організму при різних збуреннях внутрішнього та зовнішнього середовища. Сучасна фізіологія виділяє структурні ланки масопереносу та

масообміну респіраторних газів (дихальні шляхи, альвеолярний простір, кров легеневих капілярів, артеріальна кров, кров тканинних капілярів та тканини, змішана венозна кров).

Основними параметрами, за якими судять про стан функціональної системи дихання є парціальні тиски (напруження) кисню  $pO_2$  та вуглекислого газу  $pCO_2$  в альвеолярному просторі, крові та тканинах. Функціонально ці ланки об'єднані в систему зовнішнього дихання, серцево-судинну систему та систему кровообігу. Вважається, що виконавчими органами саморегуляції є дихальні м'язи, серцевий м'яз та гладкі м'язи судин, за допомогою яких здійснюється короткотермінова адаптація організму до умов життєдіяльності, що змінюються. За допомогою цих органів формуються компенсаторні реакції адекватні рівню збурення – хвилинний об'єм дихання (МОД), системний (МОК) та тканинний кровотоки. Очевидно, що МОД та МОК можна розглядати як функцію від  $pO_2$  середовища, що оточує,  $qAO_2$  (швидкості споживання кисню),  $qACO_2$  (швидкості продуктування вуглекислого газу тканинами). Кисневий та вуглекислотний «портрети» організму можуть використовуватися у якості оцінки функціонального стану організму.

Аналіз процесу масопереносу кисню в організмі свідчить про те, що цей процес залежить як від зовнішніх збурень, так і від внутрішніх впливів, які керують кисневими режимами організму. Досвід використання математичної моделі функціональної системи дихання, дані фізіологічних та клінічних досліджень свідчать, що для широкого класу збурень, що діють на організм, визначальним для самоорганізації основної функції системи дихання є гіпоксичний стимул. Тому в представленій роботі при розробці моделей даних та алгоритмів оцінки стану організму використані дані, що характеризують процеси доставки кисню до тканин та його масообмін та такі, що їх можна визначити в клінічній практиці. Опишемо моделі даних для кожної з ланок системи, що розглядаються.

**1. Система зовнішнього дихання.** Зовнішнє дихання забезпечується в основному роботою дихальних м'язів, які регулюються центральною та вегетативною нервовими системами у відповідності до кисневого запиту організму. До її складу входять підсистеми організації процесу масопереносу газу ( $S_1$ ) та вегетативного забезпечення зовнішнього дихання. Найбільш суттєвим для забезпечення адекватності основної функції дихання у ланці ( $S_1$ ) є показник хвилинного об'єму дихання МОД, більш простими частота дихання (ЧД) та дихальний об'єм (ДО).

Тому  $S_1$  можна представити у вигляді :

$$S_1 = S_1(МОД, ЧД, ДО). \quad (1)$$

**2. Система руху кисню в дихальних шляхах ( $S_2$ ).** Кінцевою метою даної ланки є формування необхідного при заданих умовах життєдіяльності  $pAO_2$  (парціального тиску кисню в альвеолярному просторі).

Найбільш інформативним показником цієї ланки процесу є  $qAO_2$  швидкість надходження кисню в альвеоли.

Якість процесу оцінюється показниками економічності ( $VE$ ) та ефективності ( $VA$ ). Дані, що характеризують цю ланку функціональної системи дихання умовно можна представити наступним параметричним записом:

$$S_2 = S_2(qAO_2; VE, VA, pAO_2) \quad (2)$$

де перед крапкою з комою перераховані похідні показники (інтегральні), а після неї прості (первинні) показники.

Підтримка хвилинного об'єму дихання, адекватного збурюючій дії здійснюється регуляторними механізмами. Ступінь їх напруження при компенсації збурень оцінюється величинами, які отримуються в результаті статистичної обробки даних в серіях експериментів, які плануються. Ступінь напруження вегетативного забезпечення зовнішнього дихання доцільно розраховувати роздільно по параметрам ЧД та ДО. Тому в системі вегетативного забезпечення зовнішнього дихання виділяються підсистеми  $S_3$  та  $S_4$ . Для цих підсистем опис моделей даних ідентичний. Для прикладу більш детально представимо дані, які використовуються для  $S_3$ . Похідним (інтегральним) показни-

ком для  $S_3$  є індекс напруження вегетативної системи за показником ЧД, який відображає співвідношення між основними статистичними показниками зовнішнього дихання та характеризує ступінь напруження систем короткотермінової адаптації до зміни умов життєдіяльності та ступінь централізації процесів керування. У якості первинних (простих) показників використовуються:

$M_{\text{ЧД}}$  - математичне очікування ЧД; відносна величина середнього відхилення ЧД від норми (в %);  $\Delta\chi_{\text{ЧД}}$  - довжина максимального розкиду спостережень ЧД в експериментах;  $D_{\text{ЧД}}$  - загальна дисперсія ЧД;  $D_{1\text{ЧД}}, D_{2\text{ЧД}}, D_{3\text{ЧД}}$  - дисперсії повільних хвиль першого, другого та третього порядку для ЧД за допомогою яких аналізується формування середньої ЧД під впливом нервових сигналів підкоркових високочастотних нервових центрів.

Таким чином:

$$S_3 = S_3(IN_{\text{ЧД}}; M_{\text{ЧД}}, \delta_{\text{ЧД}}, \Delta\chi_{\text{ЧД}}, D_{\text{ЧД}}, D_{1\text{ЧД}}, D_{2\text{ЧД}}, D_{3\text{ЧД}}) \quad (3)$$

Аналогічно формується модель даних, які характеризують напруження системи вегетативного забезпечення зовнішнього дихання по визначенню ДО:

$$S_4 = S_4(IN_{\text{ДО}}; M_{\text{ДО}}, \delta_{\text{ДО}}, \Delta\chi_{\text{ДО}}, D_{\text{ДО}}, D_{1\text{ДО}}, D_{2\text{ДО}}, D_{3\text{ДО}}) \quad (4)$$

**3. Система переносу газів артеріальною кров'ю** складається з підсистем забезпечення циркуляції крові ( $S_5$ ), переносу газів кров'ю  $S_6$ , підсистем  $S_7, S_8$  контролю та регуляції доставки кисню кров'ю до тканин. Примусова циркуляція крові забезпечується роботою серцевого м'язу (виштовачний орган регуляції).

Найбільш загальним показником, що характеризує адекватний рівень роботи серця є хвилинний об'єм крові МОК. У якості простих показників використовуються ударний об'єм (УО), частота серцевих скорочень (ЧСС), загальний периферичний супротив (ОПС), об'єм серцевого викиду (ОСВ), систолічний (АДС) та діастолічний (АДД) артеріальний тиск. Всі параметри пов'язані між собою формуванням хвилинного об'єму крові, проте кожен параметр грає свою роль у розвитку патологій. Модель для підсистеми  $S_5$  у параметричному вигляді можна представити наступним чином:

$$S_5 = S_5(MOK; UO, ЧСС, ОПС, ОСВ, АДС, АДД) \quad (5)$$

Система транспорту газів артеріальною кров'ю зазвичай описується наступною моделлю даних:

$$S_6 = S_6(q_a O_2; HE, HA, p_a O_2) \quad (6)$$

де  $q_a O_2$  - швидкість транспорту кисню;  $HE$  - гемодинамічний еквівалент, що характеризує економичність доставки кисню тканинам;  $HA$  - коефіцієнт ефективності доставки кисню;  $p_a O_2$  - напруження кисню в артеріальній крові

Напруженість регуляторних механізмів системи кровообігу можна характеризувати даними, які формуються на основі методу статистичної обробки первинних показників гемодинаміки – серцевого викиду та ЧСС. Для того, щоб відстежити порушення в системі регуляції, будуються моделі даних підсистем  $S_7, S_8$  систем вегетативного забезпечення керування серцевим м'язом по формуванню УО та ЧСС. Основними похідними показниками в цих моделях є індекси  $IN_{\text{УО}}$  і  $IN_{\text{ЧСС}}$ . Зауважимо, що синергізм у роботі механізмів регуляції систем зовнішнього дихання та гемодинаміки в якійсь мірі враховано за допомогою використання в  $S_7, S_8$  величин дисперсії УО та ЧСС під впливом дихальних хвиль зовнішнього дихання.

$$S_7 = S_7(IN_{\text{УО}}; M_{\text{УО}}, \delta_{\text{УО}}, \Delta\chi_{\text{УО}}, D_{\text{УО}}, D_{0\text{УО}}, D_{1\text{УО}}, D_{2\text{УО}}, D_{3\text{УО}}) \quad (7)$$

$$S_8 = S_8(IN_{\text{ЧСС}}; M_{\text{ЧСС}}, \delta_{\text{ЧСС}}, \Delta\chi_{\text{ЧСС}}, D_{\text{ЧСС}}, D_{0\text{ЧСС}}, D_{1\text{ЧСС}}, D_{2\text{ЧСС}}, D_{3\text{ЧСС}}) \quad (8)$$

**4. Система тканинного дихання.** Основним показником, що характеризує інтенсивність метаболічних процесів, який можна простежити та визначити під час дослідження, є швидкість споживання кисню організмом  $q_l O_2$ . При оцінці здоров'я цілісного організму виявляється досить знати цей показник. Але для характеристики тканинного кровотоку в окремому органі необхідне знання  $pO_2$  і периферичного супротиву току крові у тканинних капілярах. На жаль, сучасні методики не

жас  
изує  
пінь

завжди гарантують можливість одночасного отримання даних по різних тканинних регіонах. Тому для створення більш адекватної моделі даних слід використовувати математичні моделі основної функції системи дихання. У запропонованому підході  $q_t O_2$  приймається як простий та інтегральний показник системи тканинного дихання:

и (в

$$S_9 = S_9(q_t O_2) \quad (9)$$

дис-  
для  
зко-

Зауважимо, що всі дані, що спостерігаються в експериментах суттєво залежать від віку, статі, ваги, зросту особи, яка обстежується. Крім того ряд показників визначається не лише в абсолютних показниках, а і в одиницях на кілограм маси тіла. Тому моделі даних доповнюються системою антропометричних та паспортних даних  $S_0$ . У випадку, який ми розглядаємо, система  $S_0$  представляється у вигляді набору наступних даних: прізвище, ім'я, по-батькові, вік, вага ( $W$ ), зріст ( $H$ ) спортсмена.

(3)

ного

(4)

ння

звк

(ви-

ний

сер-

,

со-

ато-

:

(5)

их:

(6)

еко-

$O_2$  -

, які

зого

них

нню

жи-

ійсь

иха-

**5. Система спеціальної працездатності.** Всі наведені вище дані зазвичай отримують при обстеженні спортсмена у стані спокою (основного обміну), та під час виконання ним навантаження, для греблі, доріжки. Проте, для інших видів спорту, кожному з яких притаманна своя специфіка зазначено вище, в деяких циклічних видах спорту ця специфіка враховується завдяки наявності спеціальних ергометрів лижного, гребного, дорожки, що рухається. В інших випадках таких можливостей немає, і дослідження проводиться при виконанні спортсменом навантажень на велоергометрі, без врахування специфіки спортивної роботи. Зокрема це стосується і альпіністів. Тому для таких спортсменів розроблено тести спеціальної роботоздатності, під час яких можна визначити ряд показників, що характеризують стан насамперед системи дихання та кровообігу під час специфічної діяльності. Таким чином, при інтегральній оцінці слід також враховувати систему  $S_{10}$  - спеціальної працездатності спортсмена

$$S_{10} = S_{10}(P) \quad (10)$$

де  $P_i$  параметри системи дихання та кровообігу, отримані при виконанні спортсменом тестів спеціальної працездатності.

Кожна із підсистем, яка розглядається з урахуванням забезпечення своєї основної функції, може оцінена в результаті аналізу її інтегрального показника. Поряд з такими оцінками суттєвими є також комплексні оцінки підсистем, які розглядаються. Ці оцінки будуються на основі аналізу всіх простих показників цих підсистем. Ці дані використовуються для отримання оцінок більш високого рівня, включаючи і оцінки всього організму. Припускається, що для кожного показника  $x_k$  задані інтервали норм  $[x_{k \min}^n, x_{k \max}^n]$ . Оцінка  $V_{x_k}$ , яка вказує на ступінь відхилення  $x_k$  від свого інтервалу норми, розраховується у відповідності до правила

$$V_{x_k} = \begin{cases} V_{x_k}^0 - 50\%, & V_{x_k}^0 > 50\% \\ V_{x_k}^0 + 50\%, & V_{x_k}^0 < -50\% \\ 0, & |V_{x_k}^0| \leq 50\% \end{cases} \quad (11)$$

$$V_{x_k}^0 = \frac{2x_k - (x_{k \min}^n + x_{k \max}^n)}{2(x_{k \max}^n - x_{k \min}^n)} \cdot 100\% \quad (12)$$

де  $V_{x_k}^0$  - ступінь відхилення  $x_k$  від свого оптимального (в %).

(7)

(8)

ість

спо-

тати

ння

і не

З (11) та (12) випливає, що нульова оцінка показника  $x_k$  буде сформована у випадку, коли  $x_k$  у границях норми. Знак ненульової оцінки вказує на напрям відхилення  $x_k$  від інтервалу норми, а її значення на ступінь відхилення. Комплексна оцінка підсистеми  $S_0$  (антропометричні та паспортні дані) будуватиметься за допомогою наступної регресійної моделі

$$V_{S_0} = \gamma_w |V_w| + \gamma_H |V_H| + \gamma_{O_2K} |V_{O_2K}| \quad (13)$$

де  $\gamma_W, \gamma_H, \gamma_{ОГК}$  - група нормованих вагових коефіцієнтів, що характеризують важливість побудовості до (11) и (12), оцінок  $V_W, V_H, V_{ОГК}$  (для показників  $W, H, ОГК$ ) в побудові оцінки  $V_{S_0}$ .

Аналогічно будуються комплексні оцінки  $V_{S_i}^j, i = \overline{1,10}, j = \overline{1,r}$  де  $j$  номер експерименту у ході якого вимірювалися дані особи, яку обстежують ( $r$  - загальне число проведених експериментів, дані яких використовуються для отримання інтегральних оцінок):

$$V_{S_i}^j = \sum_{k=1}^{n_i} \gamma_{x_k^j} |V_{x_k^j}| \quad (14)$$

де  $n_i$  - кількість простих показників  $x_k^j$  підсистеми  $S_i$ ;  $\gamma_{x_k^j}$  - вагові коефіцієнти для фіксованого  $j$ , які складають окрему групу нормованих коефіцієнтів;  $V_{x_k^j}$  - оцінка показника  $x_k^j$  системи  $S_i$ , який був виміряно при  $j$ -ому експерименті.

Виходячи з (13) формула для комплексної оцінки системи  $S_1$  має вигляд:

$$V_{S_1}^j = \gamma_{VE^j} |V_{VE^j}| + \gamma_{VA^j} |V_{VA^j}| + \gamma_{P_A^j O_2} |V_{P_A^j O_2}| \quad (15)$$

а для підсистем  $S_9, S_{10}$ , які при данному розгляді характеризуються лише одним показником, оцінка має вигляд:

$$V_{S_9}^j = |V_{q^j O_2}| \quad (16)$$

$$V_{S_{10}}^j = |V_{P_i}| \quad (17)$$

По отриманим оцінкам  $V_{S_i}^j, j = \overline{1,r}$  для кожної підсистеми  $S_i, i = \overline{1,10}$  формується оцінка більш високого рівня :

$$V_{S_i} = \sum_{j=1}^r v_{S_i}^j V_{S_i}^j \quad (18)$$

де  $v_{S_i}^j$  - вагові коефіцієнти, при фіксованому  $i$ , які складають групу нормованих коефіцієнтів.

Оцінка системи доставки кисню  $V_{SO_2}$  та загальна оцінка фізичного стану організму  $V_S$  будується за формулами:

$$V_{SO_2} = \sum_{j=1}^9 \theta_j V_{S_j}^j \quad (19)$$

$$V_S = \gamma_0 V_{S_0} + \gamma_1 V_{SO_2} \quad (20)$$

Формули (14) – (20) являють собою одну з двох гілок описаних алгоритмів. Побудовані у відповідності до цих формул оцінки отримані на основі аналізу оцінок простих показників систем  $S_i, i = \overline{1,10}$  та паспортних даних спортсмена. Інша гілка алгоритму призначена для отримання оцінок, які формуються на основі оцінок інтегральних показників систем  $S_i$ , де враховано компенсуючі функції механізмів саморегуляції.

За розрахованими у відповідності до (11), (12) оцінкам  $V_{q^j O_2}, V_{МОД^j}, V_{ИН^j_{ЦП}}, V_{МОК^j}, V_{q^j O_2}, V_{ИН^j_{БВОО}}$  будуються загальні інтегральні показники, які характеризують функціональний стан ланок системи регуляції, які відповідають за забезпечення належних значень інтегральних показників. Розрахунок таких показників здійснюється за формулою:

$$V_x = \sum_{j=1}^r \gamma_{x^j} |V_{x^j}| \quad (21)$$



сть  
ки  $V_{S_0}$ .  
гу у  
ентів,

де  $V_x$  - загальна інтегральна оцінка інтегрального показника  $x$ ;  $V_{x^j}$  - оцінка інтегрального показника за даними  $j$ -ого експеримента;  $\gamma_{x^j}$  - нормовані вагові коефіцієнти. В подальшому будуться загальні оцінки  $V_{SO_2}^j$ -системи доставки кисню в організмі для кожного  $j = \overline{1, r}$ , в яких передбачено компенсуючі реакції механізмів інтегральної регуляції:

$$(14) \quad V_{SO_2}^j = \theta_{S_1-S_6}^j \left[ K_{S_1}^j V_{q/O_2} + K_{S_6}^j V_{q/O_2} \right] + \theta_{S_2-S_6}^j \left[ K_{S_2}^j V_{MOD} + K_{S_5}^j V_{MOK} \right] + \theta_{S_3}^j \left[ K_{S_3}^j + K_{S_4}^j V_{INH_{H_2O}} \right] + \theta_{S_7-S_8}^j \left[ K_{S_7}^j V_{INH_{H_2O}} + K_{S_8}^j V_{INH_{H_2O}} \right] + \theta_{S_9}^j \left[ V_{q/O_2} \right]$$

званого  
ми  $S_i$ ,

де  $\theta_i^j, i = S_1 - S_6, S_2 - S_5, S_3 - S_4, S_7 - S_8, S_9, S_{10}$  група нормованих вагових коефіцієнтів для кожного  $j = \overline{1, r}$ ;  $K_{S_i}^j, i = \overline{1, 8}$  числові коефіцієнти, що вказують на ступінь компенсуючих реакцій по підтриманню належних значень інтегральних показників. Розрахунок загальних оцінок системи доставки кисню  $V_{SO_2}^R$  і фізичного стану організму  $V_S^R$ , в яких передбачені компенсуючі реакції механізмів регуляції, здійснюється за допомогою наступних правил для розв'язку:

$$(16) \quad V_{SO_2}^R = \sum_{j=1}^r \gamma^j V_{SO_2}^j \quad (22)$$

$$(17) \quad V_S^R = \gamma_0 V_{S_0} + \gamma_1 V_{SO_2}^R \quad (23)$$

і більш

де  $\gamma^j, j = \overline{1, r}, \gamma_0, \gamma_1$  - групи нормованих вагових коефіцієнтів.

(18)  
нтів.  
анізму

Запропонований алгоритм дозволяє отримати спектр різноманітних за рівнем та ступенем інформативності інтегральних оцінок. В якості вихідних даних виступають дані фізіологічного обстеження та функціональних проб, які характеризують кисневі режими організму, інтервали норм для кожного показника по всім моделям експериментальних даних, вагові та інші коефіцієнти, які задіяні в алгоритмі. Побудовані запропонованим способом інтегральні оцінки можуть виявитися корисними при прогнозуванні надійності функціонування організму при роботі в екстремальних умовах високогір'я. Передумовою для цього служать не лише використання об'єктивних показників процесу кисневого забезпечення діяльності організму в екстремальних умовах, але й ступені напруженості регуляторних систем, які компенсують дію збурень внутрішнього та зовнішнього середовища.

(19)  
(20)

вані у  
систем  
цінок,  
суючі

#### Список джерел:

1. Вторичная тканевая гипоксия / под ред: А.З.Колчинской. - Наук.думка, 1983.-255 с.
2. Модели данных о функционировании системы дыхания и оценка физического здоровья /Величко Н.И., Квашнина Л. В., Марченко Д.И., Онопчук Ю.Н.// УСМ.-1999.-№5.-С.7 – 13.
3. Полинкевич К.Б., Онопчук Ю.Н. Конфликтные ситуации при регулировании основной функции системы дыхания организма и математические модели их разрешения // Кибернетика.-1986.-№ 3.-С. 100-104.
4. Автоматизированная информационная система функциональной диагностики альпинистов / Аралова А.А., Аралова Н.И. Белошицкий П.В., Онопчук Ю.Н. //Спортивна медицина.-2008.-№ 1.-С.163-169.
5. Математичне прогнозування стану борця в поєдинку/ Аралова Н.І., Білошицький П.В., Онопчук Ю.Н., Подліваєв Б.А. //Спортивна медицина.-2009.-№ 1-2.- С. 55 – 59.

цінкам  
ктери-  
их зна-

(21)